Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЦТЕ

Кафедра цифрових технологій в енергетиці

Проектування систем з розподіленими базами даних в енергетиці

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	***Другий (магістерський)***
Галузь знань	*12 Інформаційні технології*
Спеціальність	*122 Комп'ютерні науки*
Освітня програма	*Цифрові технології в енергетиці*
Статус дисципліни	*Обовязковий*
Форма навчання	*Очна (денна)*
Рік підготовки, семестр	*1 курс, 1 семестр*
Обсяг дисципліни	*5 кредитів (150 годин) 30 лек. 8 практ. 14 лаб. 98 СРС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Екзамен, МКР*
Розклад занять	*https://schedule.kpi.ua/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *к.т.н, доц. Полягушко Любов Григорівна*, *ddpolytechnic2016@gmail.com* Лабораторні: ас. Волков Олександр Володимирович, *volkov1aleksander@gmail.com*
Розміщення курсу	Засоби Classroom та e-mail.

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Програму навчальної дисципліни «Проектування систем з розподіленими базами даних в енергетиці» складено відповідно до освітньої програми освітньо-професійної програми «Цифрових технологій в енергетиці» другого рівня вищої освіти спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Метою кредитного модуля є формування у студентів **компетентностей** у відповідності до ОПП.

ЗК 01	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК 02	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК 05	Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.
ЗК 07	Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
ФК 01	Усвідомлення теоретичних засад комп'ютерних наук.
ФК 05	Здатність розробляти, описувати, аналізувати та оптимізувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.
ФК 07	Здатність розробляти програмне забезпечення відповідно до сформульованих вимог з урахуванням наявних ресурсів та обмежень.
ФК 09	Здатність розробляти та адмініструвати бази даних та знань.

В результаті засвоєння кредитного модуля студенти мають продемонструвати такі програмні

результати навчання:

ПРН 01	Мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерних наук і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у сфері комп'ютерних наук та на межі галузей знань.
ПРН 02	Мати спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем комп'ютерних наук, необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур
ПРН 04	Управляти робочими процесами у сфері інформаційних технологій, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів.
ПРН 06	Розробляти концептуальну модель інформаційної або комп'ютерної системи.
ПРН 07	Розробляти та застосовувати математичні методи для аналізу інформаційних моделей.
ПРН 09	Розробляти алгоритмічне та програмне забезпечення для аналізу даних (включно з великими).
ПРН 10	Проєктувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.
ПРН 11	Створювати нові алгоритми розв'язування задач у сфері комп'ютерних наук, оцінювати їх ефективність та обмеження на їх застосування.
ПРН 12	Проєктувати та супроводжувати бази даних та знань.
ПРН 14	Тестувати програмне забезпечення.
ПРН 23	Застосовувати технології проектування систем з розподіленими базами даних, здійснювати реплікації даних та забезпечувати обробку розподілених транзакцій, розподілених обчислень в задачах енергетики.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- Apache Kafka - платформа для потокової обробки енергетичних даних в реальному часі;
- Apache Cassandra/ScyllaDB - NoSQL бази даних для зберігання часових рядів енергетичних метрик;
- принципи CAP-теореми та архітектурні патерни розподілених систем в енергетичній галузі.

вміння:

- проектувати та налаштовувати розподілені кластери для обробки енергетичних потоків даних;
- розробляти схеми баз даних оптимізовані для часових рядів енергетичних метрик;
- створювати потокові додатки для real-time аналізу енергоспоживання та телеметрії.

досвід:

- розробки end-to-end pipeline для обробки даних smart grid систем;
- використання Kafka Streams та Cassandra для створення енергетичних моніторингових систем;
- роботи з часовими рядами великих енергетичних підприємств.

-

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

У структурно-логічній схемі навчальна дисципліна «Проектування систем з розподіленими базами даних в енергетиції» розміщена тоді, коли студенти вже прослухали навчальні дисципліни «Проектування баз даних», «Технології розробки програмного забезпечення», що достатньо для виконання лабораторних робіт з даної дисципліни.

Отримані знання можна використовувати при виконанні магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Теоретичні основи розподілених систем в енергетиці
Тема 1.1. Фундаментальні принципи розподілених енергетичних систем
Тема 1.2. Архітектурні рішення для енергетичних систем
Розділ 2. Технології потокової обробки та nosql системи
Тема 2.1. Платформи потокової обробки для енергетичних застосувань
Тема 2.2. Спеціалізовані системи та потокова обробка
Розділ 3. Розподілені операції та управління даними
Тема 3.1. Транзакційні моделі та консистентність
Тема 3.2. Стратегії партиціонування енергетичних даних
Розділ 4. Надійність, продуктивність та безпека систем
Тема 4.1. Забезпечення надійності та продуктивності
Тема 4.2. Інформаційна безпека енергетичних систем
Розділ 5. Хмарні технології та перспективи розвитку
Тема 5.1. Сучасні технології та майбутні перспективи

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Apache Kafka Documentation. Офіційна документація Apache Kafka. URL: https://kafka.apache.org/documentation/
2. Apache Cassandra Documentation. Офіційна документація Apache Cassandra. URL: https://cassandra.apache.org/doc/latest/
3. Kafka Streams Documentation. Документація для розробки потокових додатків. URL: https://kafka.apache.org/documentation/streams/
4. Kafka Connect Documentation. Документація для інтеграції систем через Kafka Connect. URL: https://kafka.apache.org/documentation/#connect
5. Cassandra Query Language (CQL) Reference. Довідник мови запитів CQL. URL: https://cassandra.apache.org/doc/latest/cql/

Допоміжна

6. Confluent Education. Безкоштовні курси з Apache Kafka та потокової обробки. URL: https://www.confluent.io/training/
7. DataStax Academy. Безкоштовні курси з Apache Cassandra. URL: https://academy.datastax.com/
8. IEEE Power & Energy Society. Стандарти та публікації з енергетичних систем. URL: https://www.ieee-pes.org/
9. IEC 61850 Standard. Міжнародний стандарт комунікаційних протоколів для електричних підстанцій. URL: https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:23:0::::FSP_ORG_ID:1231
10. NERC CIP Standards. Стандарти кібербезпеки критичної інфраструктури. URL: https://www.nerc.com/pa/Stand/Pages/CIPStandards.aspx
11. US Energy Information Administration (EIA). Відкриті енергетичні дані та API. URL: https://www.eia.gov/opendata/
12. Міненерго України. Відкриті дані енергетичної галузі України. URL: https://mev.gov.ua/timeline/Vidkriti-dani.html
13. НЕК "Укренерго". Операційні дані енергосистеми України. URL: https://ua.energy/diyalnist/dyspetcherska-informatsiya/

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ В ЕНЕРГЕТИЦІ
Тема 1.1. Фундаментальні принципи розподілених енергетичних систем

Лекція 1. Вступ до розподілених систем баз даних в енергетиці

Еволюція енергетичних систем від централізованих до розподілених архітектур. Специфіка енергетичних даних: часові ряди, телеметрія, IoT. Вимоги до СКБД в енергетиці: реальний час, надійність, масштабованість. Сучасні тенденції: smart grid, розподілені енергетичні ресурси, віртуальні електростанції. Порівняльний аналіз централізованих та розподілених підходів.

Лекція 2. Теоретичні основи розподілених баз даних

CAP-теорема та її застосування в енергетичних системах. Порівняння ACID та BASE моделей для енергетичних застосувань. Моделі консистентності даних, eventual consistency для телеметрії. Стратегії партиціонування та реплікації енергетичних даних. Практичне застосування теореми Брюера в енергетичних компаніях.

Тема 1.2. Архітектурні рішення для енергетичних систем

Лекція 3. Архітектури розподілених баз даних для енергетики

Master-slave архітектура для історичних енергетичних даних. Peer-to-peer для розподілених енергетичних ресурсів. Федеративні СКБД для інтеграції енергетичних мереж. Lambda та Kappa архітектури для потокових даних. Hybrid cloud архітектури для енергетичних компаній.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЇ ПОТОКОВОЇ ОБРОБКИ ТА NoSQL СИСТЕМИ

Тема 2.1. Платформи потокової обробки для енергетичних застосувань

Лекція 4. Apache Kafka в енергетичних системах

Основи Kafka: topics, partitions, brokers. Використання Kafka в Tesla Energy Platform та інших енергетичних компаніях. Потокова обробка даних від відновлюваних джерел енергії. Kafka Connect для інтеграції з енергетичними системами. Kafka Streams для аналітики енергетичних потоків та виявлення аномалій.

Лекція 5. NoSQL бази даних для енергетичних застосувань

Apache Cassandra для часових рядів енергоспоживання. ScyllaDB для високопродуктивної обробки телеметрії. InfluxDB для IoT-даних енергетичних установок. MongoDB для метаданих енергетичних об'єктів. Критерії вибору NoSQL рішень для різних енергетичних задач.

Тема 2.2. Спеціалізовані системи та потокова обробка

Лекція 6. Часові ряди та енергетичні дані

Специфіка часових рядів в енергетиці. InfluxDB, TimescaleDB, OpenTSDB для енергетичних метрик. Методи компресії та агрегації енергетичних часових рядів. Downsample стратегії для історичних даних. Retention policies для управління життєвим циклом енергетичних метрик.

Лекція 7. Потокова обробка даних в енергетичних системах

Apache Kafka Streams для енергетичної аналітики. Apache Flink для low-latency обробки енергетичних подій. Apache Storm для моніторингу реального часу. Event-driven архітектури в smart grid системах. Complex Event Processing для енергетичної аналітики.

РОЗДІЛ 3. РОЗПОДІЛЕНІ ОПЕРАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ ДАНИМИ

Тема 3.1. Транзакційні моделі та консистентність

Лекція 8. Розподілені транзакції в енергетичних системах

Two-Phase Commit для енергетичних транзакцій. Saga pattern для довготривалих енергетичних процесів. Blockchain для енергетичної торгівлі. Розподілені блокування в енергетичних мережах. Координація розподілених енергетичних ресурсів.

Лекція 9. Консистентність та репліка в енергетичних СКБД

Eventual consistency для телеметричних даних. Strong consistency для фінансових енергетичних транзакцій. Quorum-based консистентність в Cassandra. Multi-master реплікація для географічно розподілених енергосистем. Стратегії conflict resolution в енергетичних даних.

Тема 3.2. Стратегії партиціонування енергетичних даних

Лекція 10. Партиціонування енергетичних баз даних

Часове партиціонування для енергетичних метрик. Географічне партиціонування для регіональних енергосистем. Hash-based партиціонування для IoT-ідентифікаторів. Range-based партиціонування для енергетичних показників. Динамічне перепартиціонування при зміні навантаження.

РОЗДІЛ 4. НАДІЙНІСТЬ, ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА БЕЗПЕКА СИСТЕМ

Тема 4.1. Забезпечення надійності та продуктивності

Лекція 11. Забезпечення надійності та відмовостійкості

Fault tolerance в критичних енергетичних системах. Disaster recovery стратегії для енергетичних баз даних. Backup стратегії для енергетичних часових рядів. Multi-datacenter реплікація для енергетичних компаній. Graceful degradation в енергетичних системах.

Лекція 12. Моніторинг та оптимізація продуктивності

Метрики продуктивності для енергетичних СКБД. Профілювання запитів до енергетичних даних. Оптимізація індексів для енергетичних часових рядів. Memory management для потокових енергетичних даних. Capacity planning для зростаючих енергетичних систем.

Тема 4.2. Інформаційна безпека енергетичних систем

Лекція 13. Безпека розподілених енергетичних баз даних

Аутентифікація та авторизація в енергетичних системах. Шифрування енергетичних даних in-transit та at-rest. Кібербезпека критичної енергетичної інфраструктури. Audit trails для енергетичних транзакцій. Compliance з енергетичними регуляціями та стандартами безпеки.

РОЗДІЛ 5. ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Тема 5.1. Сучасні технології та майбутні перспективи

Лекція 14. Хмарні технології для енергетичних СКБД

AWS/Azure/GCP managed сервіси для енергетики. Amazon MSK для енергетичної потокової обробки. Serverless архітектури для енергетичних додатків. Edge computing для локальної обробки енергетичних даних. Hybrid cloud для енергетичних підприємств.

Лекція 15. Майбутнє розподілених баз даних в енергетиці

AI/ML інтеграція з енергетичними базами даних. Quantum computing перспективи для енергетичних обчислень. Blockchain та DeFi в енергетичній торгівлі. Digital twins для енергетичних об'єктів. Sustainable IT для зелених енергетичних технологій.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Тема 1.1. Фундаментальні принципи розподілених енергетичних систем

Проаналізуйте вплив мікросервісної архітектури на проектування розподілених систем моніторингу smart grid та обґрунтуйте переваги цього підходу для інтеграції різнорідних енергетичних підсистем.

Тема 1.2. Архітектурні рішення для енергетичних систем

Дослідіть архітектурні патерни CQRS та Event Sourcing в контексті енергетичних систем та визначте їх потенціал для розділення операцій читання/запису в системах управління енергетичними ресурсами.

Тема 2.1. Платформи потокової обробки для енергетичних застосувань

Порівняйте архітектурні підходи Apache Kafka та Apache Pulsar для обробки потокових даних в енергетичних системах, враховуючи їх можливості multi-tenancy та geo-replication.

Тема 2.2. Спеціалізовані системи та потокова обробка

Дослідіть концепцію Digital Twin в енергетичних системах та проаналізуйте, як спеціалізовані системи часових рядів можуть забезпечити синхронізацію між фізичними енергетичними об'єктами та їх цифровими копіями.

Тема 3.1. Транзакційні моделі та консистентність

Вивчіть застосування теорії ігор для координації розподілених енергетичних ресурсів в умовах eventual consistency.

Тема 3.2. Стратегії партиціонування енергетичних даних

Проаналізуйте концепцію consistent hashing та її модифікації для динамічного партиціонування IoT-даних в умовах змінної топології енергетичної мережі та непередбачуваного навантаження.

Тема 4.1. Забезпечення надійності та продуктивності

Дослідіть принципи chaos engineering та їх застосування для тестування відмовостійкості

критичних енергетичних систем, включаючи методики контрольованого введення відмов.

Тема 4.2. Інформаційна безпека енергетичних систем

Вивчіть стандарт IEC 62351 для кібербезпеки енергетичних систем та проаналізуйте його інтеграцію з сучасними протоколами шифрування в розподілених базах даних.

Тема 5.1. Сучасні технології та майбутні перспективи

Дослідіть алгоритми для оптимізації розподілу енергетичних ресурсів.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Відвідування лекцій та лабораторних занять, а також відсутність на них, не оцінюється.
- При захисті лабораторних робіт студент має продемонструвати розроблений програмний код та результати його виконання на тестах, як заздалегідь підготованих, так і запропонованих викладачем. У випадку дистанційної форми навчання захист відбувається на відповідній конференції шляхом демонстрації екрана.
- Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: https://kpi.ua/code.
- Норми етичної поведінки Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: https://kpi.ua/code.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

1. Стартовий рейтинг (виконання робіт в семестрі) оцінюється у 50 балів. Розподіл балів наведено в таблиці:

Види робіт	**Бали**
Практична робота 1. Налаштування Apache Kafka кластера для енергетичних даних	2
Практична робота 2. Розробка енергетичного моніторингу з Apache Cassandra	2
Практична робота 3. Потокова аналітика енергетичних даних з Kafka Streams	2
Практична робота 4. Інтеграція енергетичних систем та побудова data pipeline	2
Лабораторна робота 1. Дослідження продуктивності Apache Kafka для енергетичних IoT-потоків	6
Лабораторна робота 2. Оптимізація схем Cassandra для енергетичних часових рядів	6
Лабораторна робота 3. Розширена потокова аналітика з Kafka Streams для енергетичних систем	6
Лабораторна робота 4. ETL конвеєри та інтеграція гетерогенних енергетичних систем	6
Лабораторна робота 5. Відновлення після катастроф та забезпечення безперервності бізнесу	6
Лабораторна робота 6. Операційна досконалість: моніторинг, безпека та відповідність вимогам	6
Модульна контрольна робота	6
Всього	50

Штрафні бали віднімаються за:

1) неоптимальний алгоритм – 10% від максимальної кількості балів;
2) неоптимальні структури представлення інформації – 10% від максимальної кількості балів;
3) ненадану або невірну відповідь на запитання – 20% від максимальної кількості балів при захисті лабораторної роботи або 100% - на контрольній роботі.

2. Календарний контроль проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу:

Критерій	**Перший календарний контроль**	**Другий календарний контроль**
Термін календарного контролю	Тиждень 7-8	Тиждень 14-15
Умови отримання позитивної оцінки	≥ 12 бали	≥ 23 балів

3. Умови допуску до екзамену: відсутність заборгованостей з лабораторних робіт 1 - 5 та стартовий рейтинг не менше 30 балів.

4. Екзаменаційний рейтинг (відповідь на екзамені) оцінюється в 50 балів. Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних питань та одного практичного завдання. Ваговий бал кожного теоретичного питання – 15 балів, завдання – 20 балів.

Теоретична частина оцінюється таким чином:

- правильна чітко викладена, повна відповідь – (не менше 90% потрібної інформації) – 13-15 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 11-12 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 9-10 балів;
- незадовільна відповідь – 0 балів.

Практичне завдання оцінюється таким чином:

- повне, безпомилкове розв'язування завдання – 18-20 балів;
- повне, розв'язування завдання із несуттєвими невідповідностями – 15-17-балів;
- завдання виконане з певними недоліками – 12-14 балів;
- завдання не виконано – 0 балів.

5. Рейтингова оцінка за освітній компонент розраховується як сума балів стартового та екзаменаційного рейтингів (50 + 50 = 100 балів) і визначається згідно з таблицею переведення рейтингових балів у оцінку за університетською шкалою:

Кількість балів	**Оцінка**
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий:

1. Особливості енергетичних даних та вимоги до СКБД в енергетиці
2. CAP-теорема та її застосування в енергетичних системах
3. Порівняння ACID та BASE моделей для енергетичних застосувань
4. Архітектурні підходи: master-slave vs peer-to-peer в енергетичних системах
5. Lambda та Kappa архітектури для потокових енергетичних даних
6. Архітектура Apache Kafka: topics, partitions, brokers
7. Kafka Connect та Kafka Streams для енергетичних застосувань
8. Порівняння Apache Cassandra та ScyllaDB для енергетичних часових рядів
9. Критерії вибору NoSQL рішень для енергетичних задач
10. Спеціалізовані TSDB: InfluxDB, TimescaleDB, OpenTSDB
11. Apache Flink vs Apache Storm для обробки енергетичних подій
12. Retention policies та компресія енергетичних часових рядів

13. Two-Phase Commit та Saga pattern в енергетичних транзакціях
14. Blockchain для енергетичної торгівлі та координації ресурсів
15. Eventual consistency vs strong consistency в енергетичних системах
16. Quorum-based консистентність в Apache Cassandra
17. Multi-master реплікація для географічно розподілених енергосистем
18. Стратегії партиціонування: часове, географічне, hash-based
19. Динамічне перепартиціонування при зміні навантаження
20. Fault tolerance та disaster recovery в енергетичних системах
21. Backup стратегії для енергетичних часових рядів
22. Multi-datacenter реплікація та graceful degradation
23. Метрики продуктивності та профілювання запитів
24. Оптимізація індексів для енергетичних часових рядів
25. Capacity planning для зростаючих енергетичних систем
26. Аутентифікація та авторизація в енергетичних системах
27. Шифрування даних in-transit та at-rest
28. Compliance з енергетичними регуляціями та стандартами
29. Managed сервіси AWS/Azure/GCP для енергетики
30. Serverless архітектури для енергетичних додатків
31. Edge computing для локальної обробки енергетичних даних
32. Hybrid cloud рішення для енергетичних підприємств
33. AI/ML інтеграція з енергетичними базами даних
34. Quantum computing перспективи для енергетичних обчислень
35. Digital twins та IoT в енергетичних об'єктах
36. Налаштування Kafka кластера для енергетичних даних
37. Проектування схеми Cassandra для енергетичних часових рядів
38. Реалізація потокової аналітики енергетичних даних
39. Інтеграція різнорідних енергетичних систем
40. Моніторинг та алертинг в енергетичних СКБД

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент каф. ЦТЕ, к.т.н., доц. Полягушко Любов Григорівна
Ухвалено кафедрою ЦТЕ (протокол № 22 від 25.06.2025)
Погоджено Методичною радою НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 27.06.25)